

学校编码: 10384

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_

学号: X2007230142

UDC \_\_\_\_\_

厦门大学

硕 士 学 位 论 文

**ZigBee 无线定位技术的研究与应用**

**Research and Application of**

**ZigBee Wireless Location Technology**

余 长 庚

指导教师姓名: 杨双远 副教授

专 业 名 称: 软 件 工 程

论文提交日期: 2010 年 月

论文答辩时间: 2010 年 月

学位授予日期: 20 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

20 年 月

# 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

# 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于        年        月        日解密，解密后适用上述授权。

（        ） 2.不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年        月        日

## 摘 要

ZigBee 技术作为一种新兴的低成本、低功耗、低速率短距离无线传感器网络技术,越来越多地用于环境监测、工业现场采集、智能家居和医疗护理等领域,其中基于 ZigBee 无线传感器网络的移动节点定位技术也日益受到关注。本文针对目前现有系统定位可靠度不高、精度不高、移动节点耗电大等问题,研究并设计了一套定位系统,实现了较好的效果。

本文介绍了基于 ZigBee 技术的应用设计平台,硬件以 CC2430 为核心,外扩了 USB 虚拟串口等电路,软件上实现了 ZigBee 通信协议和定位算法,完成了基于 ZigBee 技术的实际项目——ZigBee 无线定位系统。论文探讨移动节点的定位方法和精度问题,着重阐述了用重点定位算法、防抖(缓冲)、自学习、人为训练等方法提高定位的可靠性、用盲点只发不收、发算分离来降低了盲点耗电,延长电池使用寿命以及应用伪地址使只发不收的方法同时也能支持多盲点的应用等几个方面的实验与分析结果。

论文研究结果表明,基于 CC2430 的 ZigBee 无线技术无须专门的硬件定位引擎即可以方便地实现定位功能。本文研究多种实现方案并采用三圆交点等方法结合重点定位的定位计算方法,有效完成节点位置的计算,达到了较理想的定位精度。同时解决了定位设备不易携带及耗电等问题。

**关键词:** 无线定位; 定位计算; ZigBee

## **Abstract**

ZigBee technology as an emerging low-cost, low power, low-rate short-range wireless sensor network technology, is more and more used in environmental monitoring, industrial on-site collection, home automation and home care and other fields. And the location technology based on ZigBee wireless sensor network is known by more and more people. This thesis aims at resolving the problems of reliability, accuracy, power consumption in the existing location systems. One new location system has been built based on the research, and it gets a good performance.

This article describes the design based on ZigBee technology platform, the core hardware to CC2430, USB virtual serial port by extending the other circuits, software, ZigBee communication protocol is implemented and positioning algorithm, based on ZigBee technology to complete the actual project - ZigBee wireless location system. Thesis focuses mobile node's location method and accuracy, and the positioning calculating blind node, Shake Reduction, from study, artificial methods of training to improve positioning of reliability, with a blind node which have just sending data function, to reduce the blind node power consumption, extend battery life and the application of pseudo-address is not made to only accept the methods also can support multiple blind spots in several aspects of the application of experimental and analytical results.

The research results show that the CC2430 in ZigBee wireless technology without special hardware location engine that can easily achieve targeting. In this paper, a variety of implementations, and location calculating base on three dots method combined with key position optimization method is used to computing the blind location information. The calculation method has got a good performance of achieving a more ideal location accuracy. And the problem of too much power consumption for the positioning device is well fixed.

**Key Words:** Wireless Location; Location Computing; ZigBee

# 目 录

第一章 绪 论 .....	1
1.1 研究背景及选题意义 .....	1
1.2 国内外研究现状及存在问题 .....	3
1.3 课题研究目标和意义 .....	4
1.4 主要研究内容及特色 .....	5
1.5 本文结构安排 .....	6
第二章 无线定位技术及 ZigBee 介绍 .....	8
2.1 无线定位技术的简介 .....	8
2.2 无线定位技术的分类 .....	8
2.3 ZigBee 技术的优势 .....	13
2.4 ZigBee 技术的应用领域 .....	14
2.5 本章小结 .....	15
第三章 基于 RSSI 的 ZigBee 定位技术的原理与方法 .....	16
3.1 ZigBee 协议栈框架 .....	17
3.2 ZigBee 网络拓扑结构 .....	18
3.3 ZigBee 定位系统的结构 .....	21
3.4 ZigBee 定位的基本计算方法 .....	21
3.5 现有 ZigBee 定位系统及其存在的问题 .....	25
3.6 本章小结 .....	25
第四章 一种新颖的 ZigBee 定位系统设计 .....	26
4.1 系统框架 .....	26
4.2 系统结构及原理 .....	27
4.3 定位工作流程 .....	28

4.4 RSSI 参数的计算 .....	30
4.5 采用重点定位算法优化定位效果 .....	31
4.6 系统功能实现 .....	36
4.7 定位系统扩展 .....	38
4.8 本章小结 .....	42
<b>第五章 系统集成测试 .....</b>	<b>43</b>
5.1 测试环境 .....	43
5.2 测试结果 .....	44
5.3 本章小结 .....	44
<b>第六章 总结与展望 .....</b>	<b>45</b>
6.1 论文总结 .....	45
6.2 工作展望 .....	46
<b>参考文献 .....</b>	<b>47</b>
<b>致 谢 .....</b>	<b>49</b>

# CONTENTS

<b>Chapter I Introduction .....</b>	<b>1</b>
1.1 Background and Significance .....	1
1.2 Status and Problems of Research .....	3
1.3 Objectives of Research .....	4
1.4 Main Research and Innovations.....	5
1.5 Outline of Thesis .....	6
<b>Chapter II Introduction of Wireless Location and ZigBee.....</b>	<b>8</b>
2.1 Introduction of Wireless Location Technology .....	8
2.2 Classification of Wireless Location Technology .....	8
2.3 Advantages of ZigBee .....	13
2.4 Applications of ZigBee .....	14
2.5 Summary .....	15
<b>Chapter III Principles and Methods of ZigBee Wireless Location</b>	
<b>Technology based on RSSI.....</b>	<b>16</b>
3.1 ZigBee Stack Framework.....	17
3.2 ZigBee Network Topology.....	18
3.3 Structure of ZigBee Location System .....	21
3.4 Foundations of Position Calculation .....	21
3.5 Existing ZigBee Location Systems and Problems.....	25
3.6 Summary .....	25
<b>Chapter IV A Novel ZigBee Location System .....</b>	<b>26</b>
4.1 System Framework.....	26
4.2 Structure and Principle of ZigBee Location System .....	27



4.3 Workflow of Location System .....	28
4.4 Parameters of RSSI Calculation .....	30
4.5 Improving Possition Calculation with Key-Ref Algorithm.....	31
4.6 Implement of ZigBee Location System.....	36
4.7 Integrating Location Functions into Other Devices .....	38
4.8 Summary .....	42
<b>Chapter V System Testing .....</b>	<b>43</b>
5.1 Evironment of Testing .....	43
5.2 Test Result .....	44
5.3 Summary .....	44
<b>Chapter VI Conclusions and Outlook.....</b>	<b>45</b>
6.1 Conclusions .....	45
6.2 Outlook .....	46
<b>References .....</b>	<b>47</b>
<b>Acknowledges .....</b>	<b>49</b>

# 第一章 绪 论

本章简要叙述课题研究的背景,国内外研究的现状,课题研究的目标和意思,主要研究内容和特色,以及论文的结构安排等。

近年来,各种无线通信技术迅猛发展,极大提高了人们的工作效率和生活质量。然而,在日常生活中,我们仍然被各种电缆所束缚,能否在近距离范围内实现各种设备之间的无线通信?纵观目前发展较成熟的几大无线通信技术,往往比较复杂,不但耗费较多资源,成本也比较高,并不适用于短距离无线通信的场合。蓝牙技术的出现使得短距离无线通信成为可能,但是其协议较复杂、功耗高、成本高等特点不太适用于要求低成本、低功耗的工业控制和家庭网络。本文介绍了一种复杂度、成本和功耗都很低的低速率短距离无线接入技术——ZigBee。该技术主要针对低速率传感器网络而提出,它能够满足小型化、低成本设备(如温度调节装置、照明控制器、环境检测传感器等)的无线联网要求,能广泛地应用于工业、农业和日常生活中。

## 1.1 研究背景及选题意义

随着社会经济的迅速发展,人们对能够随时随地提供信息服务的移动计算与宽带无线通信的需求越来越迫切。无处不在的网络终端,以人为本、个性化、智能化的移动计算,以及方便、快捷的无线接入、无线互联等新概念和新产品,已经逐渐地融入人们的工作领域和日常生活中。随之而来的便携式终端以及无线通信相关的新技术层出不穷,其中短距离无线通信技术的发展更是百花齐放、令人目不暇接。相关有代表性的短距离无线通信技术标准有 IrDA、IEEE802.11b、802.11a、802.11g、BlueTooth(蓝牙)、HomeRF、ZigBee、UWB 超宽带等。其中 ZigBee 技术有着低功耗、低成本、低速率、近距离、短时延、高容量、高安全、免执照频段等优点,在近几年迅速发展起来,被广泛应用于家庭和楼宇智能、工业控制、商业建筑智能、节能、农业控制、医疗等各个领域<sup>[1]</sup>。

在钻井、导览、消防、医疗等领域，往往有定位的需求。如矿井中若能知道每个工人的位置，则能实时监视工作情况，减少意外的发生和减少意外事故带来的损失；如火灾发生时，消防人员进入灾区，若能进行定位，则可更方便地实施救援且降低消防员的安全风险。

由于近年来数据和多媒体业务的快速增加，使得人们对定位与导航的需求日益增大，尤其在复杂的室内环境，如机场大厅、展厅、仓库、超市、图书馆、地下停车场、矿井等环境中，常常需要确定移动终端或其持有者、设施与物品在室内的位置信息。将位置信息合理的组织并发送到用户和位置信息处理中心，可以给用户提供各种信息，实现广泛的数字生活。用户的位置信息和用户个人信息相结合，对于移动网络的规划、吞吐量平衡、用户附近信息的寄存、无线电资源的控制和设计其他的附加功能都有着显著的意义<sup>[2]</sup>。此外，越来越多的应用程序也需要使用室内定位信息实现自身的功能。同时，定位服务在公共安全领域也受到越来越多的重视。

随着现代移动通信技术和无线网络的蓬勃发展，人们对无线定位的需求与日俱增。无线定位服务是指通过无线终端和无线网络的配合，确定移动用户的实际位置信息，从而提供用户所需的与位置和方向相关的服务。无线定位服务的发展始于美国。1996 年，美国联邦通信委员会制定了 E-911 法规，要求所有移动通信运营商，在移动用户发出紧急呼叫时，必须向公共安全服务系统提供用户的位置信息和终端号码，以便对用户实施紧急救援工作，并要求分阶段实施定位精度不断提高的用户定位服务。1999 年 Fcc 对 E-911 法进行修订，对定位精度提出新的要求，极大的促进了美国 LBS(Location Based Service)产业的快速发展。此后，日本、德国、法国、瑞典、芬兰等国家纷纷推出各种各具特色的商用定位服务。

这些服务主要应用于：紧急救援，报警信息发布，跟踪业务，交通监控，车辆导航服务，城市观光等。无线定位服务已经在军用、民用和商用领域证明了其重要性。现今实用的定位系统多半基于 GPS 技术，导致应用成本较高。低成本、高可靠性的新型定位系统的研究开发变得非常紧迫。另一方面，无线传感器网络 (WSN) 可以使人们在任何时间、任何地点和任何环境条件下获取大量详实而可靠的信息。因此，这种网络系统可以被广泛应用于国防军事、国家安全、环境监测、

交通管理、医疗卫生、制造业、反恐、抗灾等领域，它是信息感知和采集的一场革命。由于 WSN 的低成本、便于大规模应用，使得以 WSN 为载体的定位研究被给予了广泛的关注。WSN 的定位机制逐渐成为其主要技术之一。

在无线通信协议体系中，IEEE802.15.4 是其中一种新兴的协议标准，因其优越性，它获得了快速的发展。它确定了低速个人局域网标准，定义了物理层 (PHY) 和媒体接入控制层 (MAC)。2003 年，ZigBee 联盟在物理层和媒体接入控制层的基础上对网络层和应用层进行了具体定义，为用户提供了大量的 API 函数，从而形成了完整的 ZigBee 协议。ZigBee 技术作为一种新兴的低成本、低功耗、低速率的短距离无线通信技术，它的独特技术特点使得其成为 WSN 中的理想通信技术选择。

ZigBee 正在被应用于各种领域，将定位功能集成在 ZigBee 设备中，能够较低成本地实现定位功能，符合技术发展的方向，对社会文明的进步有积极意义。

## 1.2 国内外研究现状及存在问题

### 1.2.1 国外研究现状

1993 年 AT&T 提出的红外感应定位系统即 Active Badge 系统，Active Badge 定位系统的优点是因为使用了红外通信，因此功耗极低，同时也可以做到很小的体积。但是系统存在以下不足：

- 1、过程复杂，延迟时间过长。每个移动目标发射出信号要经过一个集中的处理以后才能返回结果。15 秒发射一次信号，即大概 15 秒才能得到一次位置坐标，这样对于定位一些在室内不停移动的目标来说其定位速度就显得太慢。
- 2、定位系统采用的是有线连接方式设计。系统不仅需要以太网线的支持，而且还需要多个工作站。这样做提高了系统的运行成本和布置难度。

2000 年微软公司研发的基于 RF(Radio Frequency)技术的 RADAR(Radio Detection and Ranging)系统，该系统采用 802.11 网络对于空间进行定位。但是该定位系统需要建立在 802.11 网络设施基础之上，而且系统定位精度也有待提高。

2000 年 MIT 实验室研发的 Cricket 系统，目前该系统的软件版本已经更新到 2.3.2。该系统是采用超声波定位的典型例子，它采用超声波时延信号进行定位，

其优点是定位精度较高。但是该系统由于需要同时发射 RF 和超声波信号，因此需要较高的底层硬件设施投资，而且系统功耗也比较大。

尤比森斯公司开发的新型定位系统 Series 7000，该系统采用 UWB 进行实时定位，该定位系统在三维空间具有 15cm 的定位精度，该定位系统成本偏高，在定位精度要求不高而定位系统成本有要求的场合就不适合。

### 1.2.2 国内研究现状

目前国内从事室内定位技术研究的机构主要集中在科研院所和高校。复旦大学提出的室内 CDMA 用户定位方法和基于接收信号强度测量的室内定位算法，目前该算法还停留在实验仿真阶段。

西安交通大学从事的基于无线局域网的用户定位，该定位系统的定位算法建立在无线局域网的硬件基础设施之上，因此一些没有无线局域网的地点就无法定位或者需要预先铺设室内局域网。因此该定位系统就存在较大的局限性。

除了上面所提到的一些比较典型的国内外关于室内定位所采用的技术之外还有其它一些室内定位技术，例如 Bat 定位系统、Constellation 追踪系统等。

## 1.3 课题研究目标和意义

本论文对比国内外室内定位跟踪系统，对 ZigBee 网络环境下的室内移动目标定位进行研究，提出并实现基于 ZigBee 技术的室内定位系统设计。课题研究希望所设计的定位系统具有下面几个方面的特点：

(1) 较高的定位精度：RF 信号是用来计算定位的主要因素，RF 信号的波动会引起定位计算的不正确。盲点发出的信号会被物体遮挡、不同 RF 设备的性能不同、佩戴者的不同方位均会对 RF 的信号强度造成影响，从而导致定位计算不准确。针对通常情况下对人员或者物品定位所需要的精度要求，采取防抖（缓冲）、自学习、人为训练等方法使本系统的定位精度设计预期达到 2m 左右。

(2) 较低的盲点功耗：盲点需要不断发送数据和接收数据，需要较大的功耗，导致电池寿命大大缩短。设计的定位系统采用只发不收、发算分离的方法降低盲点功耗。

(3) 实时相应方面：设计的定位系统能够满足目标在室内不停移动（诸如人员走动、汽车缓慢驶入驶出车库）情况下的实时性要求。本系统根据实际做成可调节的方式

(4) 可移植性：定位功能只做在某一产品中，应用局限，为了要做在各种产品中，需要做成功能库。采用 C 编写的代码有较好的可移植性。

随着社会经济的迅速发展，人们对能够随时随地提供信息服务的移动计算与宽带无线通信的需求越来越迫切。无处不在的网络终端，以人为本、个性化、智能化的移动计算，以及方便、快捷的无线接入、无线互联等概念和新产品，已经逐渐地融入人们的工作领域和日常生活中。随之而来的便携式终端以及无线通信相关的新技术层出不穷，其中短距离无线通信技术的发展更是百花齐放、令人目不暇接。相关有代表性的短距离无线通信技术标准有 IrDA、IEEE802.11b、802.11a、802.11g、BlueTooth（蓝牙）、HomeRF、ZigBee、UWB 超宽带等。其中 ZigBee 技术有着低功耗、低成本、低速率、近距离、短时延、高容量、高安全、免执照频段等优点，在近几年迅速发展起来，被广泛应用于家庭和楼宇智能、工业控制、商业建筑智能、节能、农业控制、医疗等各个领域。

在钻井、导览、消防、医疗等领域，往往有定位的需求。如矿井中若能知道每个工人的位置，则能实时监视工作情况，减少意外的发生和减少意外事故带来的损失；如火灾发生时，消防人员进入灾区，若能进行定位，则可更方便地实施救援且降低消防员的安全风险。

ZigBee 正在被应用于各种领域，将定位功能集成在 ZigBee 设备中，能够较低成本地实现定位功能，符合技术发展的方向，对社会文明的进步有积极意义。

### 1.4 主要研究内容及特色

本文的主要研究内容如下：

- (1) 比较分析了现有的典型的短距离无线通信技术，对无线传感器网络的体系结构进行了理论研究。
- (2) 对无线传感器网络定位的基本方法进行了理论研究，着重分析了基于 RSSI 的 ZigBee 无线定位计算的方法并尝试进行改进。
- (3) 针对耗电和成本的问题，研究各种定位系统的架构，并设计一种新颖

的定位系统来解决这些问题。

- (4) 分析 ZigBee 无线通信协议栈，进行 TI 公司的 CC2430 / 2431 的相关硬件、软件调试分析，进行 ZigBee 定位系统的相关软硬件开发和实验。

本项目的特色为：

- (1) 盲点设备不需要内置硬件定位引擎。这样可以使得定位的功能可以较容易地加入到各种便携设备中。如带 ZigBee 功能的手表、ZigBee 物品标签等。
- (2) 用伪地址的方法实现“发算分离”。针对盲点设备耗电大，电池寿命短的问题，提出了一种新的 ZigBee 无线定位系统。以盲点只发不收，发算分离的方式实现了省电，从而延长了电池寿命，使 ZigBee 无线定位系统更具实用性。
- (3) 将多种定位计算的方法进行整合，采取重点定位的方法，设计一套可靠、小巧的定位程序。使之能较容易地移植到各种嵌入式设备中。

## 1.5 本文结构安排

本文重点探讨 ZigBee 无线定位技术及其实现，总共分为六章，组织结构如下：

第一章 绪论。主要介绍了研究背景及选题意义、国内外研究现状及存在问题。

最后说明了本文的主要研究内容及特色和本文结构安排。

第二章 无线定位技术介绍。对无线定位技术进行简要介绍，说明了无线定位技术的技术分类。并阐述了 ZigBee 技术的优势及其应用领域。

第三章 基于 RSSI 的 ZigBee 定位技术的原理与方法。介绍了 ZigBee 协议栈框架、ZigBee 网络拓扑结构、ZigBee 定位系统的结构以及 ZigBee 定位的协议。

第四章 现有 ZigBee 定位系统的介绍及其问题分析。主要针对 CC2431 定位系统进行介绍，分析了目前现有定位系统存在的问题。

第五章 一种新颖的 ZigBee 定位系统设计。针对现有系统的问题，提出新的 ZigBee 无线定位系统结构，实现省电。

第六章 系统集成测试与分析。对新的 ZigBee 无线定位系统进行测试与分析，对比其优劣。

第七章 总结与展望。对本论文的总结和展望，分析该系统尚待优化之处并对该系统的进一步研究进行展望。

厦门大学博硕士论文摘要库



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库